

الفصل الاول: مقدمة عن العناصر الانتقالية

❖ العناصر الانتقالية: Transition Elements

يحمل مصطلح فلز انتقالي تفسيراً قديماً يتمثل بالانتقال بين العناصر الممثلة ذات الكهروموجبية العالية جداً (عناصر القطاع S) و العناصر الممثلة ذات الكهروموجبية الواطئة جداً (عناصر القطاع P)، أما التفسير الحديث فيستعمل بشكل أوسع ليشمل عناصر الـ d من الجدول الدوري الحديث أي الفلزات التي تحتوي على أوربتالات d الممتلئة جزئياً أي أنه هناك ثلاث سلاسل من الفلزات الانتقالية تبدأ السلسلة الأولى بفلز السكندنيوم Sc وتنتهي بالزنك Zn ، وتبدأ السلسلة الثانية بفلز يتريوم Y وتنتهي بالكاديوم Cd ، وتبدأ الثالثة بفلز لانثيوم La وتنتهي بالزئبق Hg كما في الجدول الدوري التالي .

d Block and f Block Elements

Period	1A (1)	TRANSITION ELEMENTS d block										3A (13) 4A (14) 5A (15) 6A (16) 7A (17)					8A (18)
	2A (2)	3B (3)	4B (4)	5B (5)	6B (6)	7B (7)	8B (8) (9) (10)		1B (11)	2B (12)							
1																	
2																	
3																	
4			21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn					
5			39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd					
6			57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg					
7			89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112					

INNER TRANSITION ELEMENTS f block													
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

d block elements
 f block elements
 Periodic table
 Transition elements
 Inner transition elements

لذا فالعنصر الذي يحتوي على المدار (d) أو (f) ممتلئ جزئياً بالإلكترونات سواء في الحالة الذرية أو في أي حالة من حالات أكسدها ، يعني ذلك أنه من الممكن معاملة فلزات العملة (Coin age metal) النحاس والفضة والذهب باعتبارها فلزات انتقالية ، فأيون النحاس الثنائي الموجب له الترتيب الإلكتروني (3d⁹) ويمتلك أيون الفضة الترتيب الإلكتروني (4d⁹) وكذلك يمتلك أيون الذهب الثلاثي الموجب الترتيب الإلكتروني (5d⁸) ، وبالرجوع إلى الجدول الدوري يمكن أن نتعرف على (58) عنصر يمكن اعتبارها عناصر انتقالية ، وتنقسم العناصر الانتقالية إلى قسمين هي:

العناصر الانتقالية الأساسية (Transition elements):

وتمتاز بوجود عدد من الالكترونات لا يصل لحد التشبع في مستوى الطاقة الداخلي (d) وتنتهي بالتشكيل الالكتروني $((n-1) d^{1-9} ns^2)$ مع ملاحظة وجود إلكترونيين في المدار ns غير ضرورياً ، وتسمى هذه المجموعة بعناصر "d-block elements" وتنقسم بدورها إلى ثلاثة دورات رئيسية (3d) و (4d) و (5d) .

العناصر الانتقالية الداخلية (Inner Transition elements):

سميت بهذا الاسم لأنها تقع ضمن متسلسلات العناصر الانتقالية الأساسية ويطلق عليها أيضاً العناصر الأرضية النادرة، وتتميز بأن تحت الغلاف (f) غير مشبع بالإضافة إلى تحت الغلاف (d) أيضاً غير مشبع وتنقسم إلى مجموعتين:

أ-مجموعة اللانثانيدات وتحتوي على مدار (4f) ممتلئ جزئياً أو كلياً .

ب- مجموعة الاكتينيدات وتحتوي على مدار (5f) ممتلئ جزئياً أو كلياً .

ويطلق على هذه المجموعة بعناصر "f-block elements" .

اهمية العناصر الانتقالية:الاهمية الحياتية

للعديد من العناصر الانتقالية أهمية حيوية بالغة ، وذلك لأن بعضاً منها يدخل في تكوين الكائنات الحية ، ويساهم في تركيبها بكميات بسيطة جداً (ملليجرامات). وهذا أمر في غاية الأهمية إذ إن زيادة كميتها أو نقصانها عن الحد الطبيعي الذي يفترض أن تكون عليه يسبب للكائن الحي آثاراً مرضية خطيرة قد تكون قاتلة في بعض الحالات.

الحديد Fe

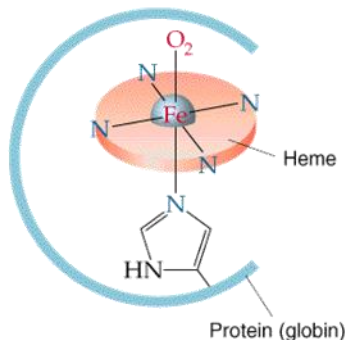
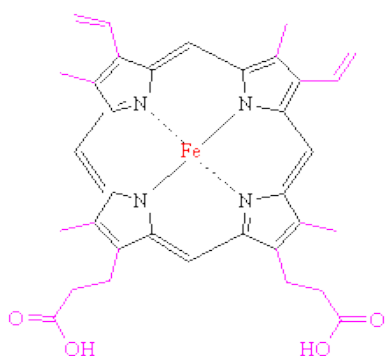
تعد مادة الهيموجلوبين في الدم من أكثر المواد أهمية لحياة الإنسان ، كما يعد الحديد العنصر المهم في جزيئات هذه المادة فهو الذي يكسب الدم لونه الأحمر . الى جانب كونه المسؤول عن نقل الأكسجين من الرئة الى مختلف أنسجة الجسم وخلاياه.

النحاس Cu

يساهم النحاس في تركيب كثير من الأنزيمات المسؤولة عن تكوين الأوعية الدموية والعظام والأعصاب. كما يساهم في تكوين صبغة الميلانين التي تحمي أجسامنا من أشعة الشمس فوق البنفسجية.

الكوبالت Co

يدخل في تركيب فيتامين B12 وعادة ما يؤدي نقصه إلى انخفاض عدد كريات الدم البيضاء والصفائح الدموية كما يؤدي إلى الإصابة بمرض الأنيميا (فقر الدم)



الاهمية الصناعية**التيتانيوم ومركباته :**

يقاوم التآكل ويتحمل الحرارة وتعادل كثافته نصف كثافة الحديد الصلب تقريباً، لذلك فهو يستخدم في صناعة الطيران والهندسة الكيميائية والنووية وله تطبيقات طبية حيث يدخل في صناعة أعضاء صناعية لجسم الإنسان كالمفاصل، كما يدخل أكسيد التيتانيوم في صناعة الأصباغ البيضاء.

الحديد Fe والنيكل Ni:

يستخدم الحديد والنيكل في صناعات كثيرة ومختلفة ومتنوعة، وتظهر في الشكل أدوات مصنوعة من الحديد والصلب، وعملات معدنية من النيكل.

الكوبالت Co

يستخدم نظيرة المشع Co^{27} في المجالات الطبية لأنه يطلق أشعة جاما التي لها القدرة على اختراق الأجسام وإحداث تلف في الأجسام الحية التي يصيبها لذا يستخدم في القضاء على الخلايا السرطانية . كما يدخل الكوبالت في صناعة أعضاء صناعية لجسم الإنسان كالمفاصل.

الشكل الإلكتروني للعناصر الانتقالية:- Electronic Configuration Of Transition Elements-

عناصر المجموع الرئيسية التي تسبق المجموعة الانتقالية لا يوجد لها إلكترونات في المدار d ولكن العناصر الانتقالية تحتوي على المدار d و S ففي السلسلة الانتقالية الأولى من الـ Sc \rightarrow Zn يمتلئ المدار d فقط ماعدا النحاس Cu و Cr حيث أن المدار S الخارجي لعناصر المستوى الفرعي d يكون في حالة أقل من طاقة المستوى الفرعي d للمستوى n-1 ونظراً لأن الذرات تميل لأن تكون أقل حالات الطاقة فيتم ملئ المدار S أولاً ولكن النحاس $(3d^{10}4S^1)$ و الكروم $(3d^54S^1)$ قيمت ملئ المدار d أولاً لأنها الحالة الأكثر ثباتاً أي عند وجود خمسة أو عشرة إلكترونات في المدار d .

Element	Partial Orbital Diagram			Unpaired Electrons
	4s	3d	4p	
Sc	$\uparrow\downarrow$	\uparrow		1
Ti	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow$		2
V	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow\uparrow$		3
Cr	\uparrow	$\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$		6
Mn	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$		5
Fe	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow$		4
Co	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$		3
Ni	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$		2
Cu	\uparrow	$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$		1
Zn	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$		0

عناصر الكتلة (d) السلاسل الانتقالية الأولى والثانية والثالثة :

العناصر الانتقالية الأساسية : وهى عناصر الفئة (d) وهذه العناصر جميع مستوياتها الرئيسية مكتملة ما عدا المستويين الرئيسيين الأخيرين وتشمل :

السلسلة الانتقالية الأولى (3d) :

تحتوي عناصر هذه المجموعة على المدار (3d) ممتلئ جزئيا وتبدأ عناصر هذه المجموعة بعنصر السكانديوم (Sc_{21}) الذي له التوزيع الاليكتروني ($4S^2 3d^1$) ويعتبر هذا العنصر أخف عناصر هذه المجموعة وتحتوي العناصر التالية للسكانديوم على المدار (d) ممتلئ جزئيا ما عدا (عنصر النحاس أو أحد أيوناته وأيون السكانديوم) ، وتنتهي هذه المجموعة بعنصر الزنك (Zn_{30}) الذي له التوزيع الاليكتروني ($3d^{10} 4S^2$) ولا يحتوي هذا العنصر على المدار (d) ممتلئ جزئيا حتى أيوناته لا تحتوي على المدار (d) ممتلئ جزئيا .

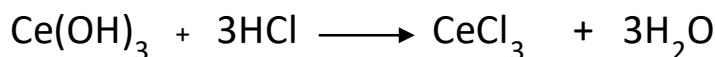
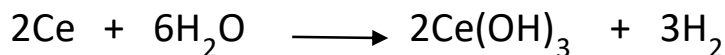
السلسلة الانتقالية الثانية (4d) :

تحتوي عناصر هذه المجموعة على المدار (4d) ممتلئ جزئيا ، عناصر هذه المجموعة هي (Y , Zr , Nb , Mo) تشمل هذه العناصر على المدار 4d ممتلئ جزئيا ما عدا (Cd) الكاديوم وأيون (Ag) الفضة ، كما تشمل أحد أيوناتها التنشيطية على المدار (4d) ممتلئ جزئيا (كلهم ما عدا اليتريوم) ، مرة أخرى نجد عناصر لا تحتوي على امتلاء جزئي في المدار (d) ، حتى نصل إلى عنصر الانثانيوم ذو التركيب الاليكتروني في المدار الأخير ($6S^2 5d^1$) ، وبعد عنصر الانثانيوم نلاحظ أن الاليكترونات لا تتجه لملئ المدار (5d) ولكننا نلاحظ أن الاليكترونات تملئ المدار (4f) حيث أنه أصبح أكثر استقرار من المدار (5d) وتشتمل هذه المجموعة من العناصر عنصر السيريوم (Ce_{58}) ($4f^1 5d^1 6S^2$) حتى عنصر اللوتيتيوم (Lu_{71}) ($4f^{14} 5d^1 6S^2$) ونظرا لأنها تأتي بعد عنصر الانثانيوم فقد سميت باللانثانيدات وتسمى أيضا بالعناصر الأرضية النادرة للأسباب الآتية :

- 1- خامات هذه العناصر توجد على صورة أكاسيد وكلمة أكسيد تعني أرض (earth) ولذلك سميت أرضية.
- 2- خامات هذه العناصر توجد مختلطة مع بعضها البعض وقد وجد العلماء صعوبات عديدة لفصل كل عنصر بصورة نقية عن باقي العناصر المختلطة به ولذلك سميت نادرة.

ولكن تسميتها بأنها عناصر نادرة غير دقيقة للأسباب الآتية :

- 1- خامات هذه العناصر ليست نادرة لأنها توجد في الطبيعة بنسبة أكبر من وجود كثير من العناصر المتوفرة مثل اليود والبيزموث.
- 2- يمكن حاليا فصل عناصر اللانثانيدات عن بعضها بسهولة بواسطة المبادلات الأيونية ولها نشاط كيميائي ومتشابهة إلى حد كبير في خواصها الكيميائية وتشبه في تفاعلاتها عنصر الكالسيوم وغالبا ثلاثية التكافؤ لأن إليكترونات التكافؤ فيها جميعا هي ($6S^2 5d^1$) كما يتضح من التفاعلات الآتية :



السلسلة الانتقالية الثالثة (5d) :

تشتمل عناصر هذه المجموعة على المدار (5d) ممتلئ جزئياً وتبدأ بعنصر الهافنيوم (Hf) له التركيب الاليكتروني $(6S^2 5d^2)$ بعد ذلك يأتي (Ta , W , Re , Os , Ir , Pt , Au) كل من هذه العناصر أو أحد أيوناتها يحتوي على المدار (5d) ممتلئ جزئياً في العنصر المتعادل أو أحد أيوناته ما عدا الذهب في العنصر المتعادل . ونلاحظ بعد عنصر الزئبق لا يمكن مشاهدة فراغات في المدار (d) وهكذا حتى نصل إلى عنصر الأكتينيوم ذو التركيب الاليكتروني $(7S^2 6d^1)$ حيث تبدأ الإليكترونات في ملء المدار (5f) وتكوين مجموعة جديدة تحتوي على (14) عنصر تعرف بالاكتنيدات تبدأ بعنصر الثوريوم (Th_{90}) $(\text{Rn}_{86} 7S^2 5f^1 6d^1)$ وتنتهي بعنصر اللورنسيوم (Lw_{103}) $(\text{Rn}_{86} 7S^2 5f^{14} 6d^1)$ ويلاحظ فيها ما يأتي :

1- عدد عناصرها (14) عنصر .

2- تسمى الاكتنيدات بالعناصر المشعة لأن أنويتها غير مستقرة .

3- يوجد في الطبيعة منها ثلاث عناصر فقط هي الثوريوم (Th^{90}) والبروتواكتينيوم (Pa^{91}) اليورانيوم (U^{92}) .

4- باقي العناصر لا توجد في الطبيعة ولكنها تحضر صناعياً في المفاعلات الذرية ، ويمكن الحصول عليها بقذف أنوية العناصر الثقيلة بقذائف النيوترون أو بنويات عناصر خفيفة مثل الهليوم أو الكربون .

الخواص العامة للعناصر الانتقالية :

1- جميعها فلزات مثالية، فهي صلبة وقوية ولها درجات انصهار وغليان مرتفعة، وقابليتها للتوصيل الحراري والكهربائي عاليه.

2- تكون سبائك مع بعضها البعض ومع الفلزات الأخرى .

3- أغلبها كهروموجيه غير أن قسماً قليلاً منها لا يتأثر بالحوامض البسيطة وذلك لانخفاض قيم جهود أقطابها .

4- تتميز بحالات الأكسدة المتعددة حيث تتصف العناصر الانتقالية بتكوينها أيونات موجبة في حالات تأكسد مختلفة وذلك بسبب تقارب طاقة الكترونات اوريبيتالات $(n-1)d, ns$ الأمر الذي يجعلها قادرة على المشاركة بعدد مختلف من الإلكترونات في التآصر الكيميائي و استقرار حالات التأكسد يعتمد على عوامل عديدة منها التركيب الالكتروني، نوع التآصر و الكيمياء الفراغية. ويوضح الجدول حالات التأكسد المختلفة للعناصر الانتقالية.

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
							1+	1+	
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	
	+4	+4	+4	+4	+4		+4		
		+5	+5	+5	+5				
			+6	+6	+6				
				+7					

loss of ns e-

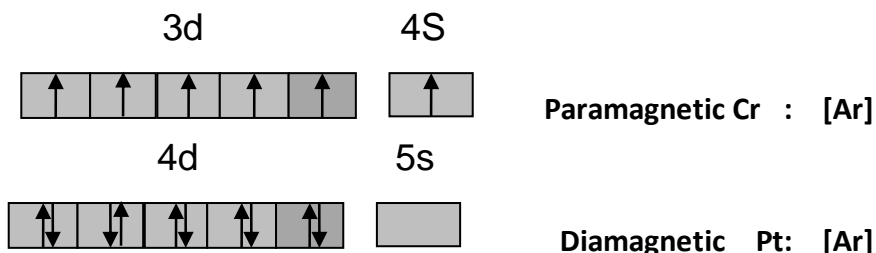
Loss of ns and (n-1) d e-

5- مركبات هذه الفلزات ملونة غالبا ويرجع ذلك إلى الانتقال الداخلي للإلكترونات داخل المدار (d) ، حيث أن هذا الانتقال يحتاج إلى طاقة بسيطة يمتصها من الضوء المرئي كما الحال في أملاح النحاس حيث أن هذه الأملاح تبدو زرقاء لأن الانتقال (d-d) يحتاج إلى طاقة بسيطة يستمدتها من امتصاص اللون الأحمر وبالتالي الضوء المنتقل يحتوي على كمية أكبر من الألوان الأخرى غالبيتها الأزرق وبالتالي تبدو أملاح النحاس ملونة باللون الأزرق ، هذه الظاهرة لا تحدث في أملاح العناصر (s , p) حيث أن الاليكترونات في هذه الأملاح لا تنتقل انتقالا داخليا أي (s-s) ، (p-p) ، إنما تنتقل إلى المدارات الخارجية وهذا يحتاج كمية طاقة كبيرة تمتص من المنطقة فوق البنفسجية وهذه المنطقة غير ملونة وبالتالي فإن أملاح الـ (s , p) غير ملونة .

Oxidation state Elements	+2	+3	+4	+5	+6	+7
V	V ⁺²	V ⁺³	VO ⁺²	VO ²⁺		
	Violet	Yellow	blue	yellow		
Cr	Cr ⁺²	Cr ⁺³			CrO ₄ ⁻²	
	Blue	green			yellow	
Mn	Mn ⁺²	Mn ⁺³		MnO ³⁻	MnO ₄	MnO ₄ ²⁻
	Pink	red		blue	green	violet
Fe	Fe ⁺²	Fe ⁺³				
	green	purple				

6- بسبب المدارات المملوءة جزئيا فإنها تكون مركبات بارامغناطيسية .

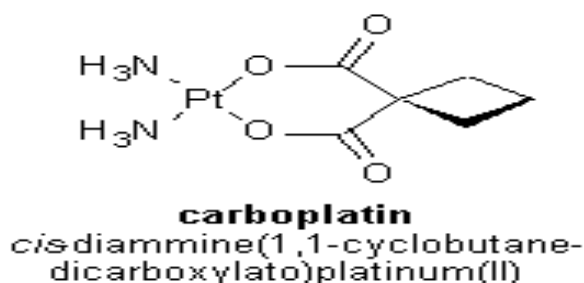
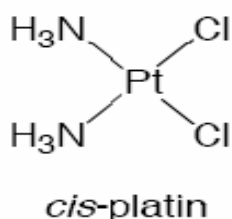
وسيتترك الشرح التفصيلي لهذه الصفات سيذكر في محاضرات متقدمة، ولكن بصورة مبسطة تصنف المواد البارامغناطيسية وهي المواد التي تنجذب نحو المجال المغناطيسي وسبب ذلك هو امتلاك هذه المواد إلكترونات منفردة حيث تعمل هذه الإلكترونات بمثابة مغناط صغيرة، بالإضافة إلى المواد الدايا - مغناطيسية التي تكون جميع إلكتروناتها مزدوجة كما في المثال:



7- تستخدم كعوامل مساعدة (Fe , Pt , V₂O₅) .

8- تكوين المركبات المعقدة: -تكون الفلزات الانتقالية مركبات معقدة ذات خصائص طيفية و مغناطيسية مهمة وكثير من هذه المركبات مكونة ضرورية في الأنظمة البيولوجية (الهيموكلوبين (معقد الحديد Fe)، والمركبات مضادات مرض السرطان (cis-platin) (carboplatin) كما مبين أدناه:

Anti-cancer compounds:

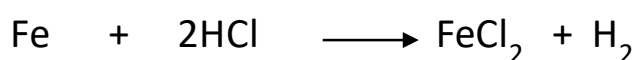


وقد يتبادر للذهن أن كل مركب مكون من عدة عناصر يعتبر مركباً معقداً مثل الشب أو ملح موهر Mohr's Salt وهذه أملاح مزدوجة (Double salts) وليست مركبات معقدة. لذا يجب معرفة المركبات المعقدة لكي يتسنى لنا دراستها وتمييزها بالشكل الصحيح.

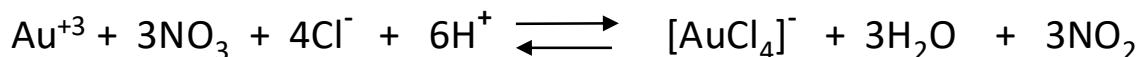
دراسة الخواص المميزة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى الفلزية :

1-الصفات المعدنية والتآكل والكهروموجية :

الفلزات الانتقالية تقاوم التآكل فيما عدا الحديد وهذه الخاصية تجعل التيتانيوم مفيد جدا في الصناعة حيث يقاوم التآكل بشدة ولا سيما في مياه البحر كما يستخدم النيكل والكروم لطلاء الحديد والصلب أما صفة الكهروموجية فهي تقل بصفة عامة خلال المتسلسلة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين (Sc → Cu) وعلى ذلك فكثر منهم يذوب في الأحماض المعدنية مثل المنغنيز والكروم والحديد .



وقليل منهم لا يذوب في الحوامض غير المؤكسدة كالذهب والفضة والبلاتين والبلاديوم ولكنها تذوب في الماء الملكي -عبارة عن خليط من ثلاث حجوم من (HCl) وحجم من (HNO₃) حيث تتكون أيونات معقدة - كلورية .



2- جهد التأين :

هو سهولة انتزاع إلكترون من ذرات العناصر الانتقالية، تكون وسيطة بين طاقات التأين لعناصر المجموعات (s و p) وتختلف قيم طاقات التأين الأولى للعناصر الانتقالية عن قيم طاقات التأين لليثيوم والكربون على التوالي . وهذا يوحي بأن العناصر الانتقالية أقل خاصية موجبة من عناصر المجموعة الأولى والثانية ، وقد تكون إما روابط أيونية أو تساهمية معتمدة على الظروف. وعموما فإن حالة التأكسد المنخفضة تكون أيونية ، وتكون حالات التأكسد المرتفعة تساهمية ، ويقبل الميل لكي تكون ذات صفة أيونية كلما زادت أحجام الذرات.

3- تعدد حالات الأكسدة :

إحدى الصفات المميزة للعناصر الانتقالية الأساسية هي قابليتها على إظهار عدة حالات تأكسد وتعتمد كل حالة على طبيعة العناصر المتحدة مع هذه الفلزات فتظهر أعلى حال تأكسد عندما تتفاعل هذه الفلزات مع الفلور أو الأكسجين أو مع كليهما لأن هذان العنصران هما أكثر العناصر كهروسالبية ويمكن إعطاء تفسير لذلك على أساس قاعدة تعادل الشحن الكهربائية فتكون رابطة بين فلز يحمل شحنة موجبة عالية وبين أيون الأكسيد أو الفلوريد السالب يساعد على التقليل من شحنة الفلز أما إذا تم انتقال كلي لإلكترون واحد من اللافلز (O²⁻ ، F⁻ ،) إلى أيون الفلز فإن الفلز سيعاني اختزالا بينما يعاني اللافلز تأكسدا وعليه فلا يمكن لغير العناصر ذات الكهروسالبية العالية الاتحاد مع الفلز والمحافظة على حالة تأكسده العالية، ونلاحظ أن حالات التأكسد تزيد كلما اتجهنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة وتكون أكثر استقرار فعلى سبيل المثال في مجموعة الحديد نجد أن للحديد حالتان سائدتان وهما (+2 ، +3)، وبصفة عامة نجد أن حالات التأكسد العالية (+4) فصاعداً تكون أكثر ثباتاً في العناصر الانتقالية للمتسلسلات الثانية والثالثة عنها في المتسلسلة الأولى وهذا يرجع إلى زيادة حجم الذرات كلما اتجهنا إلى أسفل، فإذا قارنا طاقات التأين لتكافؤات النيكل والبلاتين نجد أن الطاقة اللازمة لتكوين (Ni²⁺) أقل من تلك اللازمة لتكوين (Pt²⁺) وتلك اللازمة لتكوين (Ni⁴⁺) أكبر من تلك اللازمة لتكوين (Pt⁴⁺) وعلى ذلك فإن مركبات (Ni²⁺) من الناحية الترموديناميكية أكثر ثباتاً من مركبات (Pt²⁺) بينما مركبات (Pt⁴⁺) تكون أكثر ثباتاً من مركبات (Ni⁴⁺).

4- كثرة تكوين معقدات :

تكون العناصر الانتقالية مركبات تناسقية عديدة وهذا على النقيض لعناصر المجموعة (s) والمجموعة (p) وهذا يرجع إلى صغر حجم الأيونات ، وارتفاع شحنتها ، وكذلك تحتوي على مدارات فارغة لها طاقة مناسبة تستقبل الالكترونات من الليجندات المجموعات المعطية .

5- الخواص الحفزية :

بعض العناصر الانتقالية ومركباتها لها صفات حفزية، وأهم هذه الفلزات هي الحديد والنيكل والبلاتين، ومن المركبات أكسيد الفانديوم (V₂O₅)، في بعض الأحيان تكون هذه العناصر مركبات وسيطة غير ثابتة وفي حالات أخرى تكون أسطح هذه الفلزات نشطة جداً بحيث تصبح هي عامل حفز قوي.

6-التركيب اللاتكافؤي:

أهم صفات العناصر الانتقالية هو تميزها بتكوين مركبات لا تكافؤية أي مركبات غير محددة التركيب والكميات وعلى سبيل المثال مركب أكسيد الحديد (II) (FeO) نلاحظ وجود خط فوق رمزه الكيميائي وذلك للدلالة على أن هذه الصيغة الكيماوية لا تعني إن نسبة أيونات الحديد الثنائي (II) إلى الأوكسجين هي (1:1) فقد أثبتت التحاليل أن الصيغة تتراوح ما بين (FeO_{0.94}) إلى (FeO_{0.98}) معظم عناصر هذه المجموعة تظهر هذه الخاصية.

ه-الخاصية البارامغناطيسية والدايا- مغناطيسية :

1-مواد بارامغناطيسية : وهى التي تأخذ وضعاً على امتداد خطوط القوى المغناطيسية عندما توضع بين قطبي مغناطيس قوي .

2-مواد دايا مغناطيسية : فهي على العكس تماما تقاوم مرور خطوط القوى المغناطيسية أكثر من مقاومة الفراغ لمرور هذه الخطوط وبالتالي فالمجال المغناطيسي الخارجي يطردها ، لذلك تأخذ المواد الدايا مغناطيسية وضعا متعامداً عندما توضع بين قطبي مغناطيس قوي ، ويعزى هذا الاختلاف في الخواص المغناطيسية للمواد إلى اختلاف خواص المجال المغناطيسي الداخلي لهم . فدوران الإلكترون حول محوره ينتج عنه مجال مغناطيسي له عزم دوران مغناطيسي، فإذا كانت المجالات المغناطيسية للإلكترونات تعادل بعضها بحيث تصبح محصلة العزم مساوية للصفر عندها تكون المادة دايا مغناطيسية، أما إذا لم تعادل المجالات المغناطيسية بعضها بحيث يكون للعزم المغناطيسي قوة معينة عندها تكون المادة بارامغناطيسية.

$$\mu=[n(n+2)]^{1/2}$$